



KONGERIKET NORGE 09/7 394

The Kingdom of Norway

PCT/NO 00 0 00228

REC'D 04 AUG 2000

WIPO PCT

NO 00/00228

4

# Bekreftelse på patentsøknad nr

*Certification of patent application no*

## 1999 3266

### PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Det bekreftes herved at vedheftede dokument er nøyaktig utskrift/kopi av ovennevnte søknad, som opprinnelig inngitt 1999.06.30

It is hereby certified that the annexed document is a true copy of the above-mentioned application, as originally filed on 1999.06.30

2000.07.10

Freddy Strømmen

Freddy Strømmen  
Seksjonsleder

Ellen B. Olsen

Ellen B. Olsen



**PATENTSTYRET**  
Styret for det industrielle rettsvern

16

PATENTSTYRET

30.JUN99 993266

**Søker:** Opticom ASA  
P.O.Box 1872 Vika  
N-0124 OSLO NORGE

**Oppfinnere:** Thomas Jackson  
1348 Deerfield Drive  
State College, PA 16801 USA

Jianna Wang  
5 Dolores Ave. #8  
Waltham, MA 02452 USA

**Fullmektig:** Geirr I. Leistad i Opticom ASA  
P.O.Box 1872 Vika  
N-0124 OSLO

**Oppfinnelsens  
tittel:** Anordning til elektrisk kontaktering eller isolering av  
organiske eller uorganiske halvledere, samt  
fremgangsmåte til dens fremstilling

Oppfinnelsen angår en anordning til elektrisk kontaktering eller isolering av organiske eller uorganiske halvledere i elektroniske og optoelektroniske komponenter, spesielt tynnfilmkomponenter, hvor anordningen omfatter et substrat, enten i form av et kontaktmateriale bestående av en organisk eller uorganisk elektrisk leder eller i form av et isolasjonsmateriale bestående av et organisk eller uorganisk dielektrikum.

Oppfinnelsen angår en fremgangsmåte til fremstilling av en anordning til elektrisk kontaktering eller isolering av organiske eller uorganiske halvledere i elektroniske og optoelektroniske komponenter, spesielt tynnfilmkomponenter, hvor anordningen omfatter et substrat, enten i form av et kontaktmateriale bestående av en organisk eller uorganisk elektrisk leder eller i form av et isolasjonsmateriale bestående av et organisk eller uorganisk dielektrikum.

---

#### Elektriske kontakter i elektroniske og optoelektroniske komponenter utført

---

med uorganisk halvledermaterialer kan ofte by på problemer. Komponentene, herunder tynnfilmtransistorer og lysemitterende komponenter, gjør ofte bruk av de isolerende egenskapene til organiske halvledermaterialer, f.eks. for å skaffe lave strømstyrker i tynnfilmtransistorer i avslått tilstand. Imidlertid kan høy resistivitet i halvledermaterialet gjøre strøminjeksjonen ved kontaktene problematisk. Generelt benyttes metaller eller andre ledere med en gitt arbeidsfunksjon til å forbedre kontakttegenskapene ved å redusere injeksjonsbarrieren, men dette har i bare begrenset grad vært vellykket. Doping av det organiske halvledermateriale eller lokal overflatedoping, eventuelt i kombinasjon, har også vært forsøkt. Det er blitt vist at doping av oligotiofener med jod ( $I_2$ ), jern (III) eller klorid (eksempelvis  $FeCl_3$ ) øker konduktiviteten til oligotiofen med inntil  $0,1 \text{ S cm}^{-1}$  (se f.eks. S. Hotta & K. Waragai, Journal of Material Chemistry, 1:835 (1991) og D. Fichou, G. Horowitz, X.B. Xu & F. Garnier, Synthetic Metals 41:463 (1991)) og at en doping av denne art kan forbedre kontaktene (Y.Y.Lin, D.J. Gundlach & T.N. Jackson, Material Research Society, Symposium Proceedings, pp. 413-418 (1996)). Imidlertid er det vanskelig å oppnå selektiv doping og den høye mobiliteten til joniske dopanter ( $I_3^+$  eller  $FeCl_4^+$ ) fører vanligvis til dårlig komponentstabilitet. Organiske, molekylære dopanter så som tetracyanokvinodimetan (TCNQ) er også benyttet (F. Garnier, F. Kouki, R. Hajlaoui & G. Horowitz, Material Research Society Bulletin, juni 1997, pp. 52-56). Et tynt lag, f.eks. ca. 4 nm tykt, av TCNQ ble avsatt i vakuum

mellom et organisk halvledersjikt og kilde- og drenelektroder av gull i en tynnfilmtransistor. Imidlertid har organiske, molekylære ladningsoverførende materialer som kan avsettes ved pådamping eller andre enkle teknikker enn dårlig sjiktdannende evne og dette begrenser deres anvendelse. Det er heller ikke klart at en slik doping vil være signifikant mer stabil enn uorganisk doping. I tillegg er det nødvendig med litografering eller andre mønstringsprosedyrer for å innrette de ladningsoverførende sjikt med kilde-drenkontaktene til organiske tynnfilmtransistorer.

Hovedhensikten ved den foreliggende oppfinnelse er derfor å overvinne problemene med kjent teknikk og å skaffe forbedrede kontakter for kontaktering såvel organiske som uorganiske halvledere i elektroniske og optoelektroniske komponenter, spesielt tynnfilmkomponenter. Spesielt er det hensikten å skaffe en forbedret kontakt uten at det er nødvendig med ytterligere mønstring av sjiktet, samtidig som ustabiliteter som skyldes

diffusjon og felteffekter unngås. Ytterligere er det en hensikt med den foreliggende oppfinnelse å skaffe en isolering av organiske eller uorganiske halvledere i elektroniske og optoelektroniske komponenter, spesielt en selektiv isolering for å redusere eller eliminere lekkasjestrøm i et elektronisk halvlederlag utenfor det aktive område i komponenten eller for å redusere den effektive kanallengde i organiske eller uorganiske felteffekttransistorer utført i tynnfilmteknikk.

De ovennevnte hensikter oppnås i henhold til oppfinnelsen med en anordning som er kjennetegnet ved at den omfatter et ladningsoverførende materiale anordnet mønstret eller umønstret på eller ved en overflate av substratet, idet det ladningsoverførende materiale innbefatter ladningsoverførende komponenter i form av donorer og/eller akseptorer, at det ladningsoverførende materiale danner et selvmonterende lag av ett eller flere atomære og/eller molekylære sjikt, at det ladningsoverførende materiale har en direkte eller indirekte binding til substratets overflate, og at det ladningsoverførende materiale danner et ladningsoverførende kompleks med en derover tilstøtende anordnet organisk eller uorganisk halvleder, idet det ladningsoverførende materiale utgjør et donor- eller akseptormateriale i det ladningsoverførende kompleks avhengig av henholdsvis hvorvidt halvlederen selv er et akseptor- eller donormateriale.

Fortrinnsvis er bindingen til substratets overflate en kjemisk eller elektrostatisk binding eller en kombinasjon derav.

5 I en første utførelse av anordningen i henhold til oppfinnelsen er det ladningsoverførende materiale fordelaktig en organisk forbindelse og kan fortrinnsvis omfatte en funksjonell gruppe som danner bindingen til substratets overflate. Fortrinnsvis kan den funksjonelle gruppe være materialeselektiv og danner bindingen til et bestemt substratmateriale.

10 I en annen utførelse av anordningen i henhold til oppfinnelsen, hvor det ladningsoverførende materiale er anordnet ved substratets overflate, omfatter anordningen et bindesjikt uten ladningsoverførende komponenter anordnet mellom substratets overflate og det ladningsoverførende materiale, idet bindesjiktet danner en binding til substratets overflate og en binding til det ladningsoverførende materiale. Fortrinnsvis er da bindingen i hvert tilfelle ~~kjemisk eller elektrostatisk eller en kombinasjon derav.~~

15 Bindesjiktet kan fordelaktig være dannet av et organiske bindemiddel, og spesielt kan det organiske bindemiddel være dannet av DNA-molekyler, slik at den ene halvstreng i et DNA-molekyl er bundet til substratets overflate og den komplementære, annen halvstreng av DNA-molekylet bundet til det ladningsoverførende materiale.

20 I en variant av anordningen i henhold til oppfinnelsen er det ladningsoverførende materiale fordelaktig en atomær eller molekylær uorganisk forbindelse. Hvor den ladningsoverførende, uorganiske forbindelse er anordnet på substratets overflate, er den uorganiske forbindelse da fortrinnsvis dannet av et materiale som reagerer kjemisk med substratet og  
25 mellom substratet og den uorganiske forbindelse danner et bindesjikt bestående av en kjemisk forbindelse av substratmaterialet og den uorganiske forbindelse. Er den ladningsoverførende uorganiske forbindelse anordnet ved substratets overflate, kan anordningen fortrinnsvis omfatte et bindesjikt anordnet mellom substratet og den uorganiske forbindelse, idet bindesjiktet  
30 består av en kjemisk forbindelse av substratmaterialet eller et materiale med lignende kjemiske egenskaper og den ladningsoverførende uorganiske forbindelse.

En fremgangsmåte til fremstilling av anordningen i henhold til oppfinnelsen er kjennetegnet ved å anordne et ladningsoverførende materiale som et

- mønstret eller umønstret selvmonterende lag av ett eller flere atomære eller molekylære sjikt på eller ved en overflate av substratet, idet det ladningsoverførende materiale innbefatter ladningsoverførende komponenter i form av donorer og/eller akseptorer, å danne en direkte eller indirekte binding mellom det ladningsoverførende materiale og substratets overflate, og å danne et ladningsoverførende kompleks av at det ladningsoverførende materiale sammen med en derover tilstøtende anordnet organisk eller uorganisk halvleder, idet det ladningsoverførende materiale utgjør et donor- eller akseptormateriale i det ladningsoverførende kompleks avhengig av henholdsvis hvorvidt halvlederen selv er et akseptor- eller donormateriale.

Fortrinnsvis dannes bindingen ved fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen dannes som et kjemisk eller elektrostatiske binding eller en kombinasjon derav.

- I en første utførelse av fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen velges det ladningsoverførende materiale fordelaktig som en organisk forbindelse, fortrinnsvis med en funksjonell gruppe som danner bindingen til substratets overflate. Fortrinnsvis kan den funksjonelle gruppe være en materialeselektiv gruppe, slik at bindingen dannes til et bestemt substratmateriale.

- I en annen utførelse av fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen, hvor det ladningsoverførende materiale anordnes ved substratets overflate, et bindesjikt uten ladningsoverførende komponenter anordnes mellom substratets overflate og det ladningsoverførende materiale, og at bindesjiktet dannes med en binding til substratets overflate og med en binding til det ladningsoverførende materiale. Fortrinnsvis dannes bindingen i hvert tilfelle som et kjemisk eller elektrostatiske binding, eller en kombinasjon derav.

- Bindesjiktet kan fordelaktig dannes av et organisk bindemiddel, og spesielt kan det organiske bindemiddel dannes av DNA-molekyler, slik at den ene halvstreng i et DNA-molekyl bindes til substratets overflate og den komplementære, annen halvstreng av DNA-molekylet bindes til den ladningsoverførende forbindelse.

I en variant av utførelse av fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen velges fordelaktig det ladningsoverførende materiale som en atomær eller molekylær uorganisk forbindelse. Hvor den ladningsoverførende, uorganiske forbindelse anordnes på substratets overflate, dannes da den uorganiske

+47 23238441

forbindelse fortrinnsvis av et materiale reagerer kjemisk med substratet, slik at det mellom substratet og den uorganiske forbindelse dannes et bindesjikt bestående av en kjemisk forbindelse av substratmaterialet og den uorganiske forbindelse. Hvor den ladningsoverførende, uorganiske forbindelse anordnes ved substratets overflate, anordnes fortrinnsvis et bindesjikt bestående av en forbindelse av substratmaterialet eller et materiale med lignende kjemiske egenskaper og den uorganiske forbindelse mellom substratet og den uorganiske forbindelse.

Den foreliggende oppfinnelse skal nå forklares mer detaljert med henvisning til utførelseseksempler og i tilknytning til den vedføyde tegning, hvor

fig. 1 viser skjematisk et selvmonterende ladningsoverførende molekyl på et substrat,

fig. 2a-e strukturen til forskjellige organiske ladningsoverførende forbindelser,

fig. 3 et skjematisk snitt gjennom anordningen i henhold til oppfinnelsen anvendt i en tynnfilmtransistor,

fig. 4 et skjematisk snitt gjennom en tynnfilmtransistor med anordningen i henhold til oppfinnelsen,

fig. 5 et skjematisk snitt gjennom en organisk lysemitterende diode i tynnfilmteknikk, hvor anordningen i henhold til oppfinnelsen benyttes,

fig. 6 et skjematisk snitt gjennom en del av en tynnfilmtransistor hvor anordningen i henhold til oppfinnelsen benyttes,

fig. 7 et skjematisk snitt gjennom en del av en tynnfilmtransistor hvor anordningen i henhold til oppfinnelsen benyttes strømlekkasje, og

fig. 8a strøm-spenningskarakteristikkene for en organisk tynnfilmtransistor i henhold til kjent teknikk, og

fig. 8b strøm-spenningskarakteristikkene for en organisk tynnfilmtransistor med anordningen i henhold til oppfinnelsen.

Først skal det kort redegjøres for bakgrunnen for den foreliggende oppfinnelse. En rekke aromatiske og andre organiske molekyler kan danne donorkomplekser med forskjellige forbindelser. Molekyler som er i stand til å

avgi et elektron er elektrondonorer. F.eks. er aromatiske hydrokarboner, innbefattet alkener og alkyner som har  $\pi$ -orbitaler, donormolekyler i mange systemer. Molekyler som er i stand til å oppta elektroner, er elektronakseptorer. Aromatiske nitroforbindelser og kinoner er  $\pi$ -akseptorer, og halogenmolekyler med ledige  $\sigma$ -antibindingsorbitaler virker som  $\sigma$ -akseptorer i mange systemer. Eksempelvis kan aromatiske hydrokarboner så som tetracen og pentacen virke som elektrondonorer overfor benzokinoner eller trinitrobenzen. Virkningen av å innføre en ladningsdonor eller ladningsakseptor i en organisk halvleder, svarer til å innføre ladningsdonerende eller ladningsaksepterende urenheter i en uorganisk halvleder (K. Tamaru & M. Kchikawa, "Catalysis By Electron Donor-Acceptor Complexes", Halsted Press, New York (1975)). Det skal bemerkes at ladningsoverføring ofte avhenger av det molekylære miljø, og en enkelt molekylart under tiden kan virke enten som en donor eller en akseptor avhengig av den organiske halvleder som kommer i betraktning. Videre er det å bemerke at donor- og akseptormaterialer på ingen måte er begrenset til organiske forbindelser. Det er kjent uorganiske, ladningsoverførende materialer, herunder jod ( $I_2$ ), jern (III) eller ferriklorid ( $FeCl_3$ ) slik det er nevnt i innledningen. Disse kan anvendes når de gis en passende binding til eksempelvis et kontaktmateriale.

Anordningen i henhold til oppfinnelsen kan benyttes både med substrater som er elektrisk ledende, eksempelvis kontaktmaterialer som anvendt i tynnfilmtransistorer, eller også, for bestemte anvendelser, med substrater av et dielektrisk materiale, noe som skal omtales senere.

Et passende ladningsoverførende materiale hvis molekyler eller for den saks skyld atomer kan virke som donorer eller akseptorer alt etter sammenhengen, benyttes til å skaffe en lokal doping av eksempelvis ett eller flere kontaktområder i en halvlederkomponent utført i tynnfilmteknikk.

Anordningen i henhold til oppfinnelsen oppnår god stabilitet ved at de ladningsoverførende komponenter festes til kontaktmaterialet med en binding som eksempelvis kan være kjemisk, elektrostatisk eller en annen egnet bindingsmekanisme, eventuelt kombinasjoner av flere slike bindingsmekanismer. I utgangspunktet kan dette i henhold til oppfinnelsen oppnås på to forskjellige måter.



I en første fremgangsmåte benyttes et ladningsoverførende materiale i form av en forbindelse som danner eksempelvis en kjemisk binding til en substratoverflate. I noen tilfeller vil en slik ladningsoverførende forbindelse danne et selvmonterende monolag (SAM) Dette kan benyttes til å minimere tykkelsen av sjikt av ladningsoverførende materiale, men er ikke vesentlig for å danne kontaktområder som er lokalt dopet med ladningsoverførende materiale. Fig. 1 viser skjematisk et ladningsoverførende molekyl 2 bundet til et substrat 1, eksempelvis en metalloverflate. Den funksjonelle hovedgruppe 2' i det ladningsoverførende molekyl 2 danner da en kjemiske binding 2" med overflaten 1.

Fig. 2a-f viser noen eksempler på ladningsoverførende organiske forbindelser med en funksjonell hovedgruppe. Her betegner R henholdsvis F, Cl eller NO<sub>2</sub>, og X betegner henholdsvis -NC eller -SH.

~~Fig. 2a viser strukturen til 4,4'-substituert fenyl, fig. 2b viser strukturen til~~

4,4'-substituert bifenyl, fig. 2c viser strukturen til 4,4'-substituert fenyletynylbenzen, fig. 2d viser strukturen til substituert naftalen, fig. 2e viser strukturen til substituert naftalen, fig. 2e viser strukturen til substituert benzimidazol og endelig viser fig. 2f strukturen til 2-merkpto-5-nitrobenzimidazol som er en merkaptan- eller tiolforbindelse med -SH som funksjonell hovedgruppe.

For forskjellige metalloverflater kan det benyttes forskjellige funksjonelle grupper til å danne bindingen. Eksempelvis kan merkpto- eller tiolgrupper som generelt vist på fig. 2e og spesielt på fig. 2f, hvor merkpto- eller tiolgruppen er -SH, danne sterke bindinger til overflater av gull, sølv og kobber. For platina kan aminer (-NH<sub>2</sub>) eller isonitriler (-NC) være å foretrekke, da de lettere danner bundne lag av ladningsoverførende materiale på et slikt substrat (A. Ulman, "An Introduction to Ultrathin Organic Films", Academic Press, Inc. (1991)). Det kan neves at en lang rekke materialer har blitt undersøkt med tanke på bruk som donor- eller akseptormaterialer, og det eksisterer eller kan syntetiseres en lang rekke forbindelser som kan benyttes som ladningsoverførende materialer (se f.eks. K. Tamaru og M. Kchikawa, op.sit. samt J. E. Katon, "Organic Semiconducting Polymers" Marcel Dekker, Inc., New York (1968)).

Utførelsen av fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen med å velge en ladningsoverførende forbindelse med en funksjonell gruppe som kan bindes

+47 23238441

direkte til en metalloverflate er enkel, men kan i noen tilfelle begrense valget av ladningsoverførende forbindelser. En alternativ utførelse av fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen er derfor først å danne et bindesjikt uten ladningsoverførende komponenter på substratet og deretter å binde de ladningsoverførende komponenter eller forbindelser til dette bindesjiktet. Dette åpner for en lang rekke muligheter for forskjellige bindesjikt og opplegg for å skaffe en egnet binding. Typisk vil f.eks. det være ønskelig med en kovalent binding til en metalloverflate, og den ladningsoverførende forbindelse kan eksempelvis bindes kjemisk eller elektrostatisk. I en fordelaktig variant av den utførelsen kan den ene halvstreng av et DNA-molekyl bindes til substratet. Den komplementære, annen halvstreng av DNA-molekylet kan deretter bindes til det ladningsoverførende molekyl og vil da danne en sterk binding med DNA-molekylet på substratet.

Utførelsen av en anordning i henhold til oppfinnelsen hvor det benyttes et ladningsoverførende materiale 2 for å forbedre strøminjeksjonen til kilde- eller drenelektrode i organiske tynnfilmtransistorer er spesielt vist på fig. 3. Den ladningsoverførende forbindelse kan eksempelvis være 2-merkpto-5-nitrobenzenmidasol (MNB), og den organiske tynnfilmtransistor kan være utført med en pentacen som det aktive halvledermateriale. Selve kontaktene kan være dannet av gull. På fig. 3 er MNB-molekylet 2 vist anordnet på kilde- og drenkontaktene 1a som igjen er anordnet på grindisolatoren 4 for grindelektroden 5. Det organiske halvledermateriale er utelatt på fig. 3. Den funksjonelle gruppe S danner bindingen mellom MNB-molekylet 2 og gulloverflaten. I dette tilfellet er naturligvis S en merkpto- eller tiolgruppe -SH. MNB-molekylene 2 danner som vist på fig. 3 et selvmonterende monolag av MNB-materiale, idet laget er begrenset til gullelektrodene 1a, men bare forekommer der, som vist på fig. 3. Overflaten er nå klar til avsetning av det organiske halvledermateriale, dvs. pentacen, og kretsen kan deretter kompletteres på vanlig måte.

Fig. 4 viser en tynnfilmtransistor hvor kilde- og drenkontaktene 1a er lokalt dopet med et immobilisert lag 3 av ladningsoverførende materiale som danner det ladningsoverførende kompleks av akseptor- og donormaterialer, dvs. av den ladningsoverførende forbindelse, og den aktive, i dette tilfelle organiske halvleder 6 som er anordnet over både kilde- og drenkontaktene 1a og laget 3 av ladningsoverførende materiale. En grindisolator 4, eksempelvis

av silisiumdioksid, skaffer isolasjon mot grindelektroden 5 som igjen kan være dannet av silisiumbrikken. Det skal forstås at det benyttede ladningsoverførende materiale 3 like gjerne kan være av en art som ikke danner laget i form av et monosjikt, men derimot av en rekke separate molekylære eller atomære sjikt.

Ovenfor er spesifikt omtalt anordningen i henhold til oppfinnelsen benyttet i organiske tynnfilmtransistorer. Forbedrede kontakter er naturligvis av stor interesse for en lang rekke organiske komponenter og ikke bare begrenset til organiske tynnfilmtransistorer. Som eksempler kan nevnes organiske, lysemitterende dioder, forskjellige andre organiske dioder, organiske, fotovoltaiske komponenter og organiske sensorer og en lang rekke andre organiske elektroniske og optoelektroniske innretninger. Eksempelvis viser fig. 5 skjematisk et snitt gjennom en organisk lysemitterende diode hvor et lag 3 av ladningsoverførende materiale er anordnet mellom katoden 7 og det organiske halvledermateriale 6. Videre er nok et lag av ladningsoverførende materiale anordnet mellom halvlederen 6 og anoden 8, idet anoden på sin side er anordnet på et passende substratmateriale 9. Katoden 7 kan være utført av et gjennomsiktig materiale. Eventuelt kan det være anoden 8 og substratet 9 som er dannet av et gjennomsiktig materiale. Lagene 3 av ladningsoverførende materiale vil normalt slippe lys igjennom, da de høyst vil ha en tykkelse i størrelsesorden ett eller noen få molekyler. Det skal naturligvis forstås at sjikttykkelsen på fig. 5 likesom på de øvrige figurer ikke er i skala. Typisk vil imidlertid det organiske halvledermateriale danne et mye tykkere lag enn det ladningsoverførende materiale, nemlig i størrelsesorden fra noen få ti-nanometre og opp til flere hundre nanometre.

Anordningen i henhold til oppfinnelsen er ikke begrenset til å omfatte et elektrisk kontaktmateriale, eksempelvis et metall, men kan også benyttes til å danne ladningsoverførende komplekser med et halvledermateriale utenfor kontaktområdene. Dette forutsetter at det ladningsoverførende materiale kan bindes til et elektrisk isolerende materiale, dvs. i praksis et dielektrikum. En binding mellom et ladningsoverførende materiale og et dielektrikum kan f.eks. benyttes til å forskyve terskelspenningen i enten den positive eller den negative retning i en felteffekttransistor. I en p-kanaltransistor vil eksempelvis et akseptorlignende ladningsoverførende materiale forskyve terskelspenningen i negativ retning og et donorlignende ladningsoverførende materiale vil forskyve terskelspenningen i positive retning.

Som vist på fig. 6, kan bruk av et lag 3 av et ladningsoverførende materiale i kanalområdet benyttes til å redusere den effektive kanallengde  $L_{eff}$ . Dette svarer til en reduksjon av kanallengden i eksempelvis felteffekttransistorer basert på énkrystallsilisium, amorft silisium eller polysilisium. De dopede områder gir da en lavmotstands aksess til transistorens kanalområde. Dette vil være spesielt anvendelig i lysemitterende halvlederkomponenter hvor doping med ladningsoverførende materiale vil tillate kontaktering uten å bruke en leder som kunne absorbere lys eller redusere ytelsen til en organisk lysemitterende diode. Fig. 6 viser spesifikt og skjematisk en felteffekttransistor i en tynnfilmteknikk hvor det i kanalområdet mellom kilde- og drenkontaktene 1a er anordnet et tynt lag 3 av ladningsoverførende materiale som er bundet til det isolerende materiale 4 som utgjør grindisolatoren. Samtidig kontakterer også det ladningsoverførende materiallag 3 den aktive halvleder 6 i kanalområdet. Resultatet av å danne et slikt immobilisert, lokalt dopingsjikt av et ladningsoverførende kompleks er at den litografisk definerte kanallengde  $L_{def}$  nå reduseres til en effektiv kanallengde  $L_{eff}$  som vist.

Fig. 7 viser en utførelse av anordningen i henhold til oppfinnelsen hvor lag 3 av ladningsoverførende materiale er anordnet på isolasjonsmaterialet 4 utenfor kontaktområdene og danner et ladningsoverførende kompleks med det derover anordnede halvledersjikt 6. Dette kan bidra til en bedre isolering i halvlederkomponenten og forhindre uønskede lekkasjestrømmer. Er isolasjonsmaterialet 4 f.eks. dannet av silisiumdioksid, kan det mellom det ladningsoverførende materiale og silisiumdioksydet benyttes silan som bindemiddel.

I henhold til oppfinnelsen kan et uorganisk ladningsoverførende materiale benyttes sammen med et bindesjikt hvor bindemiddelet er uorganisk. Et eksempel er ladningsoverførende materiale i form av arsen eller fosfor som henholdsvis bindes med et arsenidsjikt eller fosfidsjikt til det underliggende kontaktmateriale. Dette kan også gjøres direkte, f.eks. ved at kontaktmaterialet er et metall, eksempelvis kobber, som danner et arsenid eller fosfid med henholdsvis et ladningsoverførende materiale i form av arsen eller fosfor. Arsen eller fosfor mellom kontaktmaterialet og halvlederen vil bindes til den førstnevnte, men allikevel være i stand til å danne et ladningsoverførende kompleks som skaffer ladningsbærere for den anordnede halvleder.

Det ladningsoverførende materiale kan være atomært eller molekylært og selv om det ladningsoverførende materiale sammen med bindingen i de fleste tilfeller vil fremstå som et molekylært materiale, er det likevel mulig å benytte atomære materialer som både kan gi ladningsoverføring og brukbare bindinger. Bruk av eksempelvis arsen eller fosfor som ovenfor nevnt, er eksempler på atomære materialer i elementform som både kan bindes til et substrat og benyttes som et ladningsoverførende materiale.

Selv om de ovenstående eksempler er rettet mot tynnfilmkomponenter med organiske halvledere, kan den foreliggende oppfinnelse også komme til anvendelse med uorganiske halvledere. En rekke ladningsoverførende molekyler og funksjonelle grupper er stabile ved temperaturer som benyttes under fremstilling av uorganiske halvlederkomponenter og anordningen og fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen kan derfor benyttes i slike komponenter, herunder komponenter basert på amorft silisium. Spesielt kan det ladningsoverførende materiale være et uorganisk materiale, f.eks. et av de ovennevnte.

Ved anordningen i henhold til den foreliggende oppfinnelse vil det være ønskelig med en sterk binding. Vanligvis vil bindingen være kjemisk, men en rekke kjemiske bindinger kan ha ioniske eller elektrostatiske komponenter og i noen tilfeller vil kanskje den elektrostatiske binding være dominerende, f.eks. dersom det benyttes et polyelektrolyttmateriale. Som også nevnt ovenfor, behøver ikke organiske halvledere utelukkende å virke som donorer eller akseptorer, men vil kunne være henholdsvis det ene og det andre, avhengig av det ladningsoverførende materiales karakteristikk.

Eksempelvis har en organisk halvleder som pentacen både elektroner og huller som frie bærere, selv om til nå bare hullbaserte komponenter har vist brukbare elektriske karakteristikk. Det vil således kunne benyttes ladningsoverførende materialer som både kan være akseptorer eller donorer i et ladningsoverførende kompleks med pentacen. Det er også kjent at et ladningsoverførende materiale som kan være en akseptor sammen med en type organisk halvleder kan være en donor sammen med en annen.

Videre skal det forstås at begrepet selvmonterende som benyttet i forbindelse med mono- eller multisjikt av et ladningsoverførende materiale ikke innebærer at det ladningsoverførende materiale danner et velordnet lag, men at materialet samler seg på et kontaktområde eller et annet ønsket

+47 23238441

12

5 område. Generelt krever ikke anordningen i henhold til oppfinnelsen en regulær todimensjonal struktur i det selvmonterende lag, selv om noen ladningsoverførende materialer vil gi dette. Det kan også nevnes at det vil være mulig å binde et ladningsoverførende materiale selektivt til en bestemt materialtype, f.eks. et kontaktmateriale eller et dielektrisk materiale. Dette kan f.eks. oppnås ved å benytte ladningsopoverførende forbindelser med materialeselektive, funksjonelle grupper. Kombinert med mønstring ved hjelp av konvensjonelle litografiske teknikker, kan dermed skaffes selektiv lokal eller mønstret doping med et ladningsoverførende materiale som i et slikt tilfelle bare vil festes seg i eksponerte områder av det benyttede substrat.

10 Fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen kan med andre ord på denne måte anvendes i kombinasjon med konvensjonell litografi, selv om den selvmonterende egenskap til ladningsoverførende materialer gjør at mønstring med bruk av litografi på ingen måte er nødvendig.

---

15 Dannelsen av et ladningsoverførende kompleks i anordningen i henhold til oppfinnelsen reduserer kontaktmotstand eller øker injeksjonseffektiviteten og kan øke den ytre felteffekt-bærermobiliteten og forbedre andre karakteristikk i organiske tynnfilmtransistorer. Anordningen i henhold til oppfinnelsen kan også forbedre effektiviteten til organiske lysemitterende dioder eller redusere deres fraslagspenning.

20

For å undersøke virkningen av bruk av en immobilisert lokal doping med bruk av ladningsoverførende materialer, ble det fremstilt organiske tynnfilmtransistorer hvor det ladningsoverførende materiale virket som akseptormateriale. Det ble også fremstilt slike transistorer henholdsvis uten bruk av ladningsoverførende materiale og hvor det ladningsoverførende materiale virket som et donormateriale. Det var forventet at det ladningsoverførende materiale med akseptoregenskaper ville forbedre ytelsen til tynnfilmtransistoren og et ladningsoverførende materiale med donoregenskaper ville redusere ytelsen. Dette ble bekreftet eksperimentelt.

25

30 Transistorer hvor kontaktene var behandlet med et akseptormateriale hadde best ytelse, transistorer hvor kontaktene var behandlet med donormateriale hadde dårligst ytelse og transistorer med ubehandlede kontakter hadde en ytelse som lå mellom de to andres.

35 Pentacenbaserte, organiske tynnfilmtransistorer med gullkontakter ble fremstilt med et immobilisert, ladningsoverførende materiale av

+47 23238441

akseptortypen på kontaktene. Det benyttede ladningsoverførende materiale var i dette tilfelle MNB. Som kontroll ble også tilsvarende transistorer fremstilt uten ladningsoverførende materiale. Transistorene hadde en kanalbredde  $W$  på  $220 \mu\text{m}$  og en kanallengde på  $30 \mu\text{m}$ . Det ble benyttet en grindisolator av silisiumoksyd med en tykkelse på  $253 \text{ nm/TMS}$  og  $50 \text{ nm}$  tykke kontakter av gull som kilde/drenelektrode. Da pentacenbaserte, organiske tynnfilmtransistorer med gullkontakter er hulltransporterende, var det ventet at bruk av et akseptormateriale vil forbedre kontaktene ved å skaffe en lokal hullkonsentrasjon. Dette ble bekreftet eksperimentelt. Fig. 8a viser  $I_d-V_{ds}$ -karakteristikkene for tynnfilmtransistorer med pentacen, men uten MNB for forskjellige verdier av grind-kildespenningen  $V_{gs}$ , nemlig  $0$ ,  $-10$ ,  $-20$ ,  $-30$  og  $-40 \text{ V}$ . Fig. 8b viser  $I_d-V_{ds}$ -karakteristikkene for tynnfilmtransistorer med pentacen, men med bruk av MNB, for de samme verdier av grindspenningen  $V_{gs}$  som vist på fig. 8a. Av resultatene kunne det utledes at bærermobiliteten for transistorene med ubehandlede kontakter var  $0,05 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , mens den for transistorer med MNB-behandlede kontakter var  $0,24 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ . Med andre ord fører en behandling av kontaktmaterialet med et akseptormateriale i dette tilfelle til høyere drenstrømmer og bedre strømretning.



## PATENTKRAV

1. Anordning til elektrisk kontaktering eller isolering av organiske eller uorganiske halvledere i elektroniske og optoelektroniske komponenter, spesielt tynnfilmkomponenter, hvor anordningen omfatter et substrat (1),  
5 enten i form av et kontaktmateriale (1a) bestående av en organisk eller uorganisk elektrisk leder eller i form av et isolasjonsmateriale (4) bestående av et organisk eller uorganisk dielektrikum,  
karakterisert ved  
at anordningen dessuten omfatter et ladningsoverførende materiale (2)  
10 anordnet mønstret eller umønstret på eller ved en overflate av substratet (1), idet det ladningsoverførende materiale innbefatter ladningsoverførende komponenter i form av donorer og/eller akseptorer,  
at det ladningsoverførende materiale (2) danner et selvmonterende lag (3) av ett eller flere atomære og/eller molekulære sjikt,  
15 at det ladningsoverførende materiale (2) har en direkte eller indirekte binding til substratets overflate (1), og at det ladningsoverførende materiale (2) danner et ladningsoverførende kompleks med en derover tilstøtende anordnet organisk eller uorganisk halvleder (6), idet det ladningsoverførende materiale utgjør et donor- eller akseptormateriale i det ladningsoverførende kompleks  
20 avhengig av henholdsvis hvorvidt halvlederen selv er et akseptor- eller donormateriale.
2. Anordning i henhold til krav 1,  
karakterisert ved at bindingen til substratets (1) overflate er en kjemisk eller elektrostatisk binding eller en kombinasjon derav.
- 25 3. Anordning i henhold til krav 1,  
karakterisert ved at det ladningsoverførende materiale (2) er en organisk forbindelse.
4. Anordning i henhold til krav 3,  
karakterisert ved at den organiske forbindelse (2) omfatter en  
30 funksjonell (2') gruppe som danner bindingen (2'') til substratets (1) overflate.



5. Anordning i henhold til krav 4,  
karakterisert ved at den funksjonelle gruppe (2') er  
materialeselektiv og danner bindingen (2") til et bestemt substratmateriale.
- 5 6. Anordning i henhold til krav 1, hvor det ladningsoverførende materiale  
(2) er anordnet ved substratets (1) overflate,  
karakterisert ved at anordningen omfatter et bindesjikt uten  
ladningsoverførende komponenter anordnet mellom substratets (1) overflate  
og det ladningsoverførende materiale (2), idet bindesjiktet danner en binding  
til substratets overflate og en binding til det ladningsoverførende materiale.
- 10 7. Anordning i henhold til krav 6,  
karakterisert ved at bindingen i hvert tilfelle er kjemisk eller  
elektrostatisk eller en kombinasjon derav.
- 
8. Anordning i henhold til krav 6,  
karakterisert ved at bindesjiktet er dannet av et organisk  
15 bindemiddel.
9. Anordning i henhold til krav 8,  
karakterisert ved at det organiske bindemiddel er dannet av  
DNA-molekyler, slik at den ene halvstreng i et DNA-molekyl er bundet til  
substratets (1) overflate og den komplementære, annen halvstreng av  
20 DNA-molekylet bundet til det ladningsoverførende materiale.
10. Anordning i henhold til krav 1,  
karakterisert ved at det ladningsoverførende materiale (2) er en  
atomær eller molekylær uorganisk forbindelse.
11. Anordning i henhold til krav 10, hvor den ladningsoverførende,  
25 uorganiske forbindelse (2) er anordnet på substratets (1) overflate,  
karakterisert ved at den uorganiske forbindelse (2) er dannet av et  
materiale som reagerer kjemisk med substratet (1) og mellom substratet (1)  
og den uorganiske forbindelse (2) danner et bindesjikt bestående av en  
kjemisk forbindelse av substratmaterialet og den uorganiske forbindelse.
- 30 12. Anordning i henhold til krav 10, hvor den ladningsoverførende,  
uorganiske forbindelse (2) er anordnet ved substratets (1) overflate,  
karakterisert ved at anordningen omfatter et bindesjikt anordnet  
mellom substratet (1) og den uorganiske forbindelse (2), idet bindesjiktet

består av en kjemisk forbindelse av substratmaterialet eller et materiale med lignende kjemiske egenskaper og den ladningsoverførende uorganiske forbindelse.

- 5 13. Fremgangsmåte til fremstilling av anordning til elektrisk kontaktering eller isolering av organiske eller uorganiske halvledere i elektroniske og optoelektroniske komponenter, spesielt tynnfilmkomponenter, hvor anordningen omfatter et substrat, enten i form av et kontaktmateriale bestående av en organisk eller uorganisk elektrisk leder eller i form av et isolasjonsmateriale bestående av et organisk eller uorganisk dielektrikum, og
- 10 hvor fremgangsmåten er k a r a k t e r i s e r t v e d å anordne et ladningsoverførende materiale som et mønstret eller umønstret selvmonterende lag av ett eller flere atomære eller molekulære sjikt på eller ved en overflate av substratet, idet det ladningsoverførende materiale innbefatter ladningsoverførende komponenter i form av donorer og/eller
- 15 akseptører, og å danne en direkte eller indirekte binding mellom det ladningsoverførende materiale og substratets overflate, og å danne et ladningsoverførende kompleks av at det ladningsoverførende materiale sammen med en derover tilstøtende anordnet organisk eller uorganisk halvleder, idet det
- 20 ladningsoverførende materiale utgjør et donor- eller akseptormateriale i det ladningsoverførende kompleks avhengig av henholdsvis hvorvidt halvlederen selv er et akseptor- eller donormateriale.

- 25 14. Fremgangsmåte i henhold til krav 13, k a r a k t e r i s e r t v e d at bindingen dannes som en kjemisk eller elektrostatiske binding eller en kombinasjon derav.

15. Fremgangsmåte i henhold til krav 13, k a r a k t e r i s e r t v e d at det ladningsoverførende materiale velges som en organisk forbindelse.

- 30 16. Fremgangsmåte i henhold til krav 15, k a r a k t e r i s e r t v e d at den organiske forbindelse velges med en funksjonell gruppe som danner bindingen til substratets overflate.

17. Fremgangsmåte i henhold til krav 16, k a r a k t e r i s e r t v e d at den funksjonelle gruppe velges som en

materialeselektiv gruppe, slik at bindingen dannes til et bestemt substratmateriale.

18. Fremgangsmåte i henhold til krav 13, hvor det ladningsoverførende materiale anordnes ved substratets overflate,

5 k a r a k t e r i s e r t v e d a t e t b i n d e s j i k t u t e n l a d n i n g s o v e r f ø r e n d e k o m p o n e n t e r a n o r d n e s m e l l o m s u b s t r a t e t s o v e r f l a t e o g d e t l a d n i n g s o v e r f ø r e n d e m a t e r i a l e , o g a t b i n d e s j i k t e t d a n n e s m e d e n b i n d i n g t i l s u b s t r a t e t s o v e r f l a t e o g m e d e n b i n d i n g t i l d e t l a d n i n g s o v e r f ø r e n d e m a t e r i a l e .

19. Fremgangsmåte i henhold til krav 18,

10 k a r a k t e r i s e r t v e d a t b i n d i n g e n i h v e r t t i l f e l l e d a n n e s s o m e n k j e m i s k e l l e r e l e k t r o s t a t i s k b i n d i n g e l l e r e n k o m b i n a s j o n d e r a v .

20. Fremgangsmåte i henhold til krav 18,

k a r a k t e r i s e r t v e d a t b i n d e s j i k t e t d a n n e s a v e t o r g a n i s k b i n d e m i d d e l .

---

15 21. Fremgangsmåte i henhold til krav 20,

k a r a k t e r i s e r t v e d a t d e t o r g a n i s k e b i n d e m i d d e l d a n n e s a v D N A - m o l e k y l e r , s l i k a t d e n e n e h a l v s t r e n g i e t D N A - m o l e k y l b i n d e s t i l s u b s t r a t e t s o v e r f l a t e o g d e n k o m p l e m e n t æ r e , a n n e n h a l v s t r e n g a v D N A - m o l e k y l e t b i n d e s t i l d e n l a d n i n g s o v e r f ø r e n d e f o r b i n d e l s e .

20 22. Fremgangsmåte i henhold til krav 13,

k a r a k t e r i s e r t v e d a t d e n l a d n i n g s o v e r f ø r e n d e m a t e r i a l e v e l g e s s o m e n a t o m æ r e l l e r m o l e k y l æ r u o r g a n i s k f o r b i n d e l s e .

23. Fremgangsmåte i henhold til krav 22, hvor den ladningsoverførende, uorganiske forbindelse anordnes på substratets overflate,

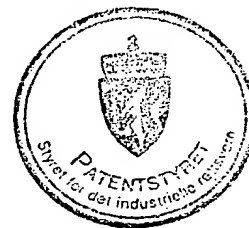
25 k a r a k t e r i s e r t v e d a t d e n u o r g a n i s k e f o r b i n d e l s e d a n n e s a v e t m a t e r i a l e s o m r e a g e r e r k j e m i s k m e d s u b s t r a t e t , s l i k a t d e t m e l l o m s u b s t r a t e t o g d e n u o r g a n i s k e f o r b i n d e l s e d a n n e s e t b i n d e s j i k t b e s t å e n d e a v e n k j e m i s k f o r b i n d e l s e a v s u b s t r a t m a t e r i a l e t o g d e n u o r g a n i s k e f o r b i n d e l s e .

24. Fremgangsmåte i henhold til krav 23, hvor den ladningsoverførende, uorganiske forbindelse anordnes ved substratets overflate,

30 k a r a k t e r i s e r t v e d a t e t b i n d e s j i k t b e s t å e n d e a v e n f o r b i n d e l s e a v s u b s t r a t m a t e r i a l e t e l l e r e t m a t e r i a l e m e d l i g n e n d e k j e m i s k e e g e n s k a p e r o g

+47 23238441

den uorganiske forbindelse anordnes mellom substratet og den uorganiske forbindelse.



## SAMMENDRAG

I en anordning til elektrisk kontaktering eller isolering av organiske eller uorganiske halvledere i elektroniske og optoelektroniske komponenter, spesielt tynnfilmkomponenter, omfatter anordningen et substrat (1) i form av et kontaktmateriale (1a) eller i form av et isolasjonsmateriale (4). Et ladningsoverførende materiale (2) er anordnet mønstret eller umønstret på eller ved en overflate av substratet og innbefatter ladningsoverførende komponenter i form av donorer og/eller akseptorer. Det ladningsoverførende materiale danner et selvmonterende lag (3) av ett eller flere atomære og/eller molekylære sjikt. Det ladningsoverførende materiale (2) har en direkte eller indirekte binding til substratets (1) overflate og danner dessuten et ladningsoverførende kompleks med en derover tilstøtende anordnet organisk eller uorganisk halvleder (6). Det ladningsoverførende materiale (2) utgjør da et donor- eller akseptormateriale i det ladningsoverførende kompleks avhengig av henholdsvis hvorvidt halvlederen (6) selv er et akseptor- eller donormateriale.

Fig. 3, 4



+47 23238441

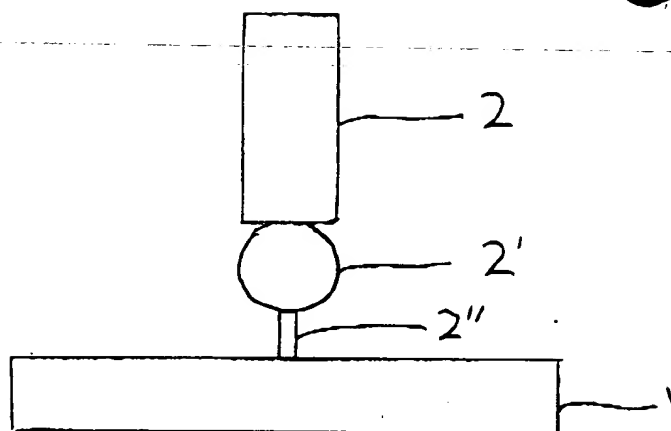


Fig. 1



Fig. 2a

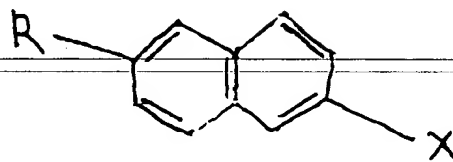


Fig. 2d

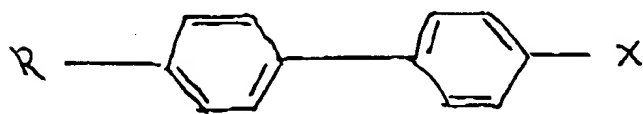


Fig. 2b

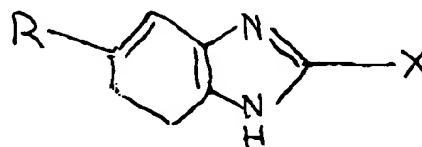


Fig. 2e



Fig. 2c

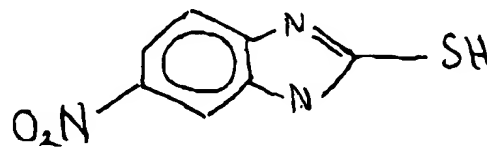
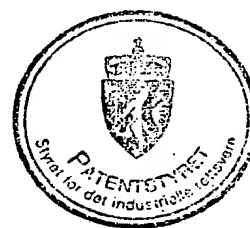


Fig. 2f



+47 23238441

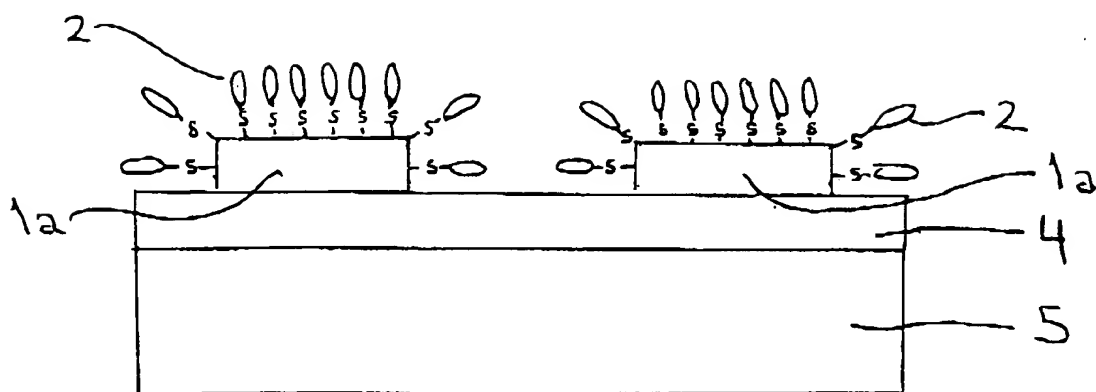


Fig. 3

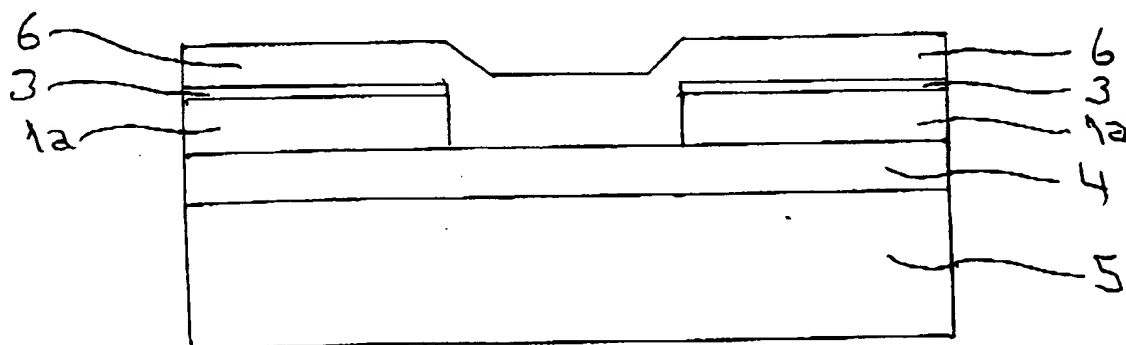


Fig. 4

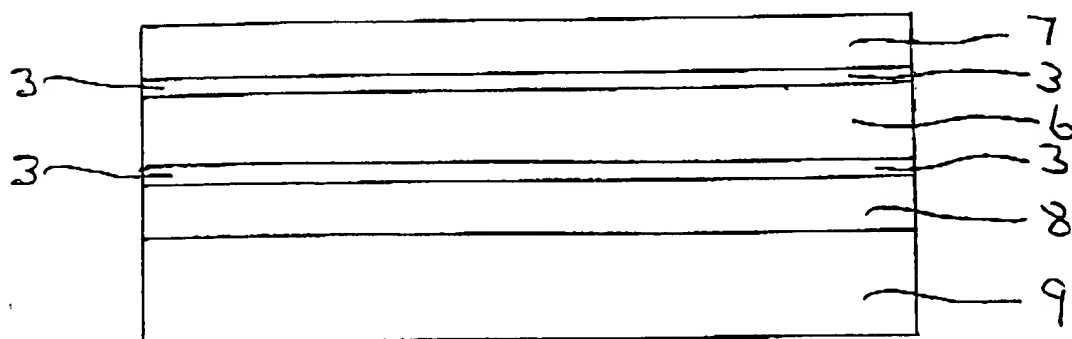


Fig. 5



+47 23238441

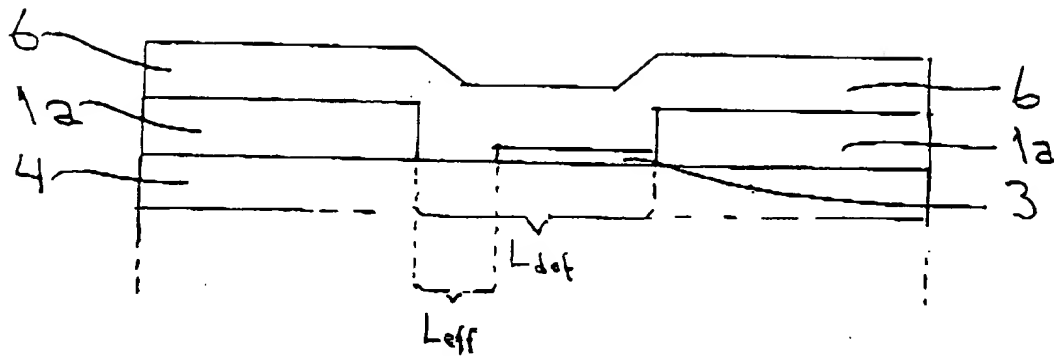


Fig. 6

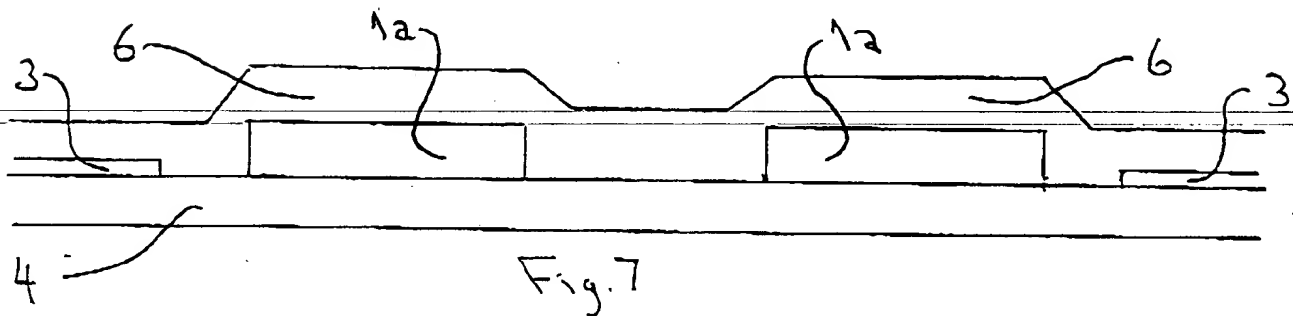


Fig. 7

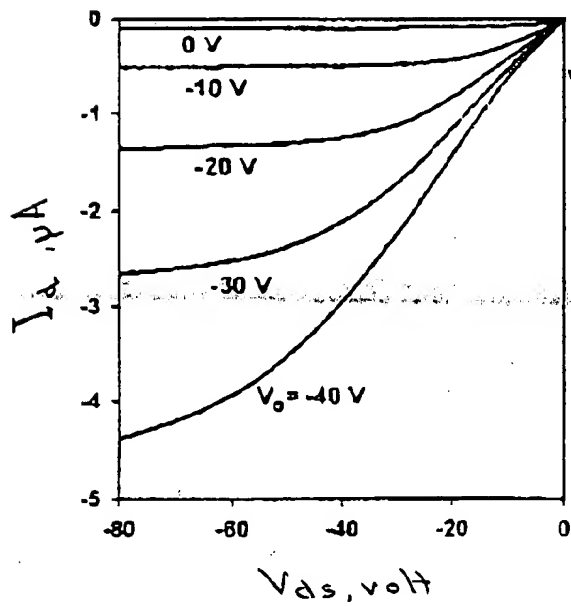


Fig. 8a

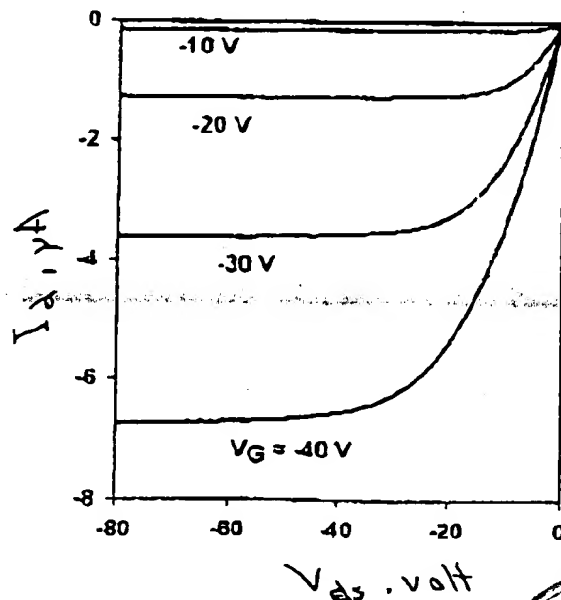


Fig. 8b

